

MEĐIMURSKO VELEUČILIŠTE U ČAKOVCU
STRUČNI STUDIJ ODRŽIVI RAZVOJ

TAMARA SABO

ZDRAVA MIKROKLIMA I UGODNOST BORAVKA
U PASIVNOJ KUĆI

ZAVRŠNI RAD

ČAKOVEC, 2017.

MEĐIMURSKO VELEUČILIŠTE U ČAKOVCU
STRUČNI STUDIJ ODRŽIVI RAZVOJ

TAMARA SABO

ZDRAVA MIKROKLIMA I UGODNOST BORAVKA
U PASIVNOJ KUĆI

HEALTHY MICROCLIMATE AND COMFORT
IN THE PASSIVE HOUSE

ZAVRŠNI RAD

Mentorica:
Jasmina Ovčar, v. pred.

ČAKOVEC, 2017.

ZAHVALA

Želim zahvaliti svojoj mentorici Jasmini Ovčar, v. pred., mag. ing. arh. i urb., na pruženoj prilici za pisanje završnog rada upravo kod nje te na njezinoj stručnosti, trudu, strpljenju i pomoći pri pisanju rada. Naravno, zahvaljujem svojoj obitelji koja je uvijek bila uz mene i u lijepim i u teškim trenucima studiranja, koja mi je bila oslonac, podrška i motivacija te imala veliko strpljenje za mene. Također zahvaljujem i svojim kolegama koji su mi studentske dane učinili ljepšima i veselijima i uz koje je studiranje bilo lakše.

SAŽETAK

Održivi razvoj i održiva gradnja dva su usko vezana i u današnje vrijeme vrlo poznata i često spominjana pojma. Njihova pojava, značenje i smisao u nekim su segmentima promijenili živote ljudi i njihov način razmišljanja.

Promjene su se dogodile i u pogledu izgradnje obiteljskih kuća, načina opremanja kuća te načinu njihova održavanja. Pojavljuje se pojam pasivne kuće kao energetske štedljive kuće koja nema klasičan sustav grijanja, nego se grije upuhivanjem svježeg, čistog i toplog zraka u kuću sustavom rekuperacije zraka. Specifične su karakteristike pasivne kuće da njezina godišnja potrebna toplina za grijanje iznosi manje od 15 kWh/(m²a), zajednička godišnja potrošnja primarne energije manje od 120 kWh/(m²a), zajednička potrošnja električne energije manje od 18 kWh/(m²a), njezini toplinski gubici manji su od 10 W/m², a zrakonepropusnost je manja od 0,6 h⁻¹. Sve su to parametri potrošnje koji uvelike odstupaju od dosad uobičajenih podataka klasično građenih kuća.

Temeljna su načela za projektiranje pasivne kuće orijentacija, oblik zgrade, temperaturno zoniranje, toplinska izolacija, vrsta i način ugradnje prozora i vrata. Sve to ima bitnu ulogu pri izgradnji pasivne kuće i znatno nam poboljšava uvjete stanovanja, ali i produktivnost te ekonomsku opravdanost održive izgradnje.

Nezaobilazan i ne manje vrijedan čimbenik održive gradnje jest i utjecaj na zdravu mikroklimu u kući. Toplinski mostovi, grijanje, ventilacija i zrakonepropusnost faktori su o čijoj prisutnosti u kući i načinu njihova rada ovisi mikroklima unutarnjeg prostora kuće. Što su ti parametri bolji, kvalitetnija je i mikroklima, što znatno utječe na zdravlje ljudi koji u njoj stanuju.

Zdravlje kao jedan od najvažnijih elemenata dobrog i kvalitetnog života izuzetno je bitno, a u pasivnoj je kući stvaranje ugodne i zdrave mikroklime od prioritarnog značenja. Parametri ugodnog boravka u pasivnoj kući jesu temperatura prostora, svjež i zrak, postotak vlage, buka, dovoljno insolacije i dr.

Ključne riječi: održiva gradnja, održivi razvoj, parametri ugodnosti, pasivna kuća, zdrava mikroklima,

SADRŽAJ

SAŽETAK

1. UVOD	5
2. PASIVNA KUĆA	7
3. TEMELJNA NAČELA PROJEKTIRANJA PASIVNE KUĆE	10
3.1. Orijentacija	10
3.2. Oblik zgrade	12
3.3. Temperaturno zoniranje.....	12
3.4. Toplinska izolacija	13
3.5. Prozori i vrata.....	14
4. UTJECAJ NAČINA IZGRADNJE PASIVNE KUĆE NA ZDRAVU MIKROKLIMU	16
4.1. Toplinski mostovi	16
4.2. Zrakonepropusnost.....	17
4.3. Ventilacija	18
4.4. Grijanje	19
4.5. Ekološki materijali	20
5. PARAMETRI UGODNOSTI BORAVKA U PASIVNOJ KUĆI.....	21
5.1. Svjetlost	22
5.2. Prozračivanje	23
5.3. Temperatura	24
5.4. Vlaga.....	25
5.5. Buka.....	26
6. SINDROM BOLESNE ZGRADE	27
7. ZAKLJUČAK.....	30
LITERATURA	32
POPIS SLIKA.....	33
POPIS TABLICA	33

1. UVOD

Kada bismo se vratili nekoliko stotina, pa čak i tisuća godina unatrag, ne bismo uopće čuli o temama kao što su npr. održivi razvoj¹ i održiva gradnja². Upravo zbog toga što su ljudi nekada živjeli u skladu s prirodom, poštovali ju i cijenili sve što im ona pruža, živjeli su održivo, a nisu pričali o održivosti. Današnji, suvremeni svijet i način življenja potpuna je suprotnost takvom svijetu. Razlog je tomu, između ostalog, način na koji ljudi danas razmišljaju, žive i rade te okolina koja ih okružuje. Sve je to rezultat rasta i razvoja svijeta i ljudske svijesti. No kao i sve u životu, i to ima svoje prednosti i nedostatke. Upravo takav način života doveo nas je danas do problema koji su postali veliki, globalni problem: zagađivanje okoliša, onečišćenje, ozonske rupe³, emisije⁴ štetnih plinova, smanjenje neobnovljivih izvora energije itd. Sve to, naravno, negativno utječe na život i kvalitetu življenja ljudi, ali i svega što nas okružuje. Na svu sreću, ljudi su svih tih problema polako počeli biti svjesni te su počeli tražiti rješenja za nastale probleme. Razvija se kolektivna svijest o potrebi za promjenom, o rastu koji će poštivati prirodu i njezine zakonitosti.

Upravo je održivi razvoj jedno od rješenja naših problema. Održivi je razvoj okvir za oblikovanje politike i strategije kontinuiranog gospodarskog i socijalnog napretka, bez štete za okoliš i prirodne izvore bitne za ljudske djelatnosti u budućnosti. On se oslanja na ambicioznu ideju prema kojoj razvoj ne smije ugrožavati budućnost dolazećih naraštaja trošenjem neobnovljivih izvora te dugoročnim devastacijama i zagađivanjem okoliša. Osnovni je cilj osigurati održivo korištenje prirodnih izvora na nacionalnoj i međunarodnoj razini [1].

¹ Održivi razvoj – razvoj koji zadovoljava potrebe današnjice bez ugrožavanja sposobnosti budućih generacija u zadovoljavanju njihovih potreba

² Održiva gradnja – podržava i unaprjeđuje postojeći standard življenja, a da pritom ne polazi od beskompromisnog iskorištavanja i uništavanja prirode

³ Ozonske rupe – geografski ograničene pojave smanjivanja ozonskog sloja u atmosferi

⁴ Emisija – ispuštanje ili istjecanje tvari u tekućem, plinovitom ili čvrstom stanju i/ili ispuštanje energije (toplina, zračenje, buka, vibracije, svjetlost) te ispuštanje organizama iz pojedinog izvora u okoliš nastalo kao rezultat čovjekovih djelatnosti, kao i mikrobiološko onečišćavanje okoliša

Mogućnosti su danas neograničene, ljudske potrebe svakim danom sve su veće i zahtjevnije. U vezi s tim raste i urbanizacija, potreba za stambenim prostorom i infrastrukturom. Sve te građevine troše ogromne količine energije, od same izgradnje, održavanja pa sve do rušenja [2]. Rezultati dosadašnjih istraživanja pokazuju da se više od 40% proizvedene energije u Europi troši za potrebe zgrada (grijanje, hlađenje, rad uređaja, rasvjeta), a od toga se više od 80% odnosi na energiju u kućanstvima koja se troši za grijanje i potrošnu toplu vodu. U Hrvatskoj više od 85% građevina ne zadovoljava sadašnje propise o toplinskoj zaštiti [3].

Upravo se održiva gradnja nameće kao najprihvatljiviji oblik gradnje. Ona podržava i unaprjeđuje postojeći standard življenja, a da pritom ne polazi od beskompromisnog iskorištavanja i uništavanja prirode. Ne zagađuje okoliš, a niski su troškovi korištenja i održavanja građevine. Održiva gradnja osigurava nam zdraviji i ugodniji prostor za život. Temelji se na prirodnim zakonitostima, koristi potencijal prirode, ali ju ne uništava. Ona ostavlja generacijama u nasljeđe našu Zemlju, ne troši ju i minimalno koristi njezine neobnovljive izvore. Oslanja se na obnovljive izvore energije (energiju Sunca, vjetra, toplinu Zemljine unutrašnjosti i sl.). Održiva je gradnja razvojna znanost koja se vrlo ekspanzivno širi, a to pokazuju i činjenice da polako pronalazi svoje mjesto u svakodnevnicima stručnjaka, ali i investitora. Također, pojedinci postali ekološki osviješteniji, poštuju prirodu i imaju želju za stvaranjem niskoenergetskih građevina s atmosferom ugodnom za boravak [3].

Koncept održive gradnje zasniva se na pet ekoprincipa: pametno projektiranje (oblik zgrade, lokacija, orijentacija, konstrukcija, izolacija i dr.), upotreba ekoloških materijala (lako obnovljivi materijali, reciklirani, dugotrajni, materijali koji nisu štetni za životnu sredinu), energetska efikasnost (upotreba manje količine energije za obavljanje iste količine posla), racionalna potrošnja vode (sakupljanje kišnice, pročišćavanje vode) i zdrava životna sredina (pažljiv izbor materijala koji nisu štetni za zdravlje ljudi i sl.) [4].

Prednosti su održive gradnje: koriste se obnovljivi izvori energije, smanjuju se toplinski gubici građevina korištenjem modernih materijala i sustava, koristi se potencijal toplinskih dobitaka unutar građevine, smanjuje se emisija štetnih plinova kao nusprodukata postojećih sistema, grade se kvalitetne i ekonomski opravdane građevine i unapređuje se kvaliteta unutrašnjeg prostora u pogledu atmosfere i mikroklike.

Nedostatak je održive gradnje znatno veća početna investicija (oko 25% veća u odnosu na uobičajenu standardnu izgradnju), ali ekonomski je opravdana gledajući u obračunskom razdoblju vraćanja investicije od 15 do 20 godina, životni je vijek energetske efikasne mjera 50 godina, za razliku od standardnih kod kojih iznosi oko 15 godina.

Gradnja je važan element za povećanje kvalitete okoliša u kojem živimo i radimo. Stoga se dosadašnji pristup razmatranja, koji je bio isključivo baziran na sigurnosti i pogodnosti same građevine za uporabu te utjecaja okoline na građevinu, mijenja uzimajući u obzir i utjecaj građevine na okoliš i društvo [5].

2. PASIVNA KUĆA

Pasivna je kuća energetske štedljiva zgrada kod koje se stambena ugodnost postiže bez uobičajenog sustava grijanja ili uređaja za klimu. Sama zgrada i njezina funkcija potpuno je tradicionalna, a nema niti neka posebna ograničenja u tlocrtnom obliku ili obliku zgrade. No postoje preporuke i mogućnosti smanjenog projektiranja koje mogu uvelike pridonijeti ukupnoj energetske bilanci potrošnje, kao i ugodnosti boravka. Upravo kvalitetnim i dobro osmišljenim idejnim projektnim rješenjem povećava se ukupna kvaliteta izgrađene kuće i njezina unutarnjeg prostora. U pasivnoj kući živi se kao i u svakoj klasičnoj kući. Viši životni standardi koje pasivna kuća osigurava rezultat su dodatnih tehničkih poboljšanja na plaštu zgrade⁵ i kućnoj tehnici [6]. Standard pasivnih kuća, kao ukupni standard energetske učinkovitosti⁶, nije ograničen na određeni tip konstrukcije, odnosno zgrade. Na *Slici 1.* prikazan je model pasivne kuće sa svim parametrima funkcioniranja u smislu energetske učinkovitosti.

Pasivne građevine mogu biti: kuće, škole, trgovački centri, uredi, vrtići, stambene zgrade i dr. Kod pasivne građevine bitni su i izvedbeni kvalitetni detalji koji joj daju visoki standard. Kao rezultat toga vlasnik posjeduje energetske učinkovitu zgradu koja

⁵ Plašt zgrade – predstavlja „kaput“ kojim je građevina, tj. njezina nosiva konstrukcija, zaodjenuta

⁶ Energetska učinkovitost – odnos između ostvarenog korisnog učinka i energije potrošene za ostvarenje tog učinka, kao i proizvodnja energije iz obnovljivih izvora energije i/ili kogeneracija za koju se ne ostvaruje poticajna cijena temeljem posebnih propisa

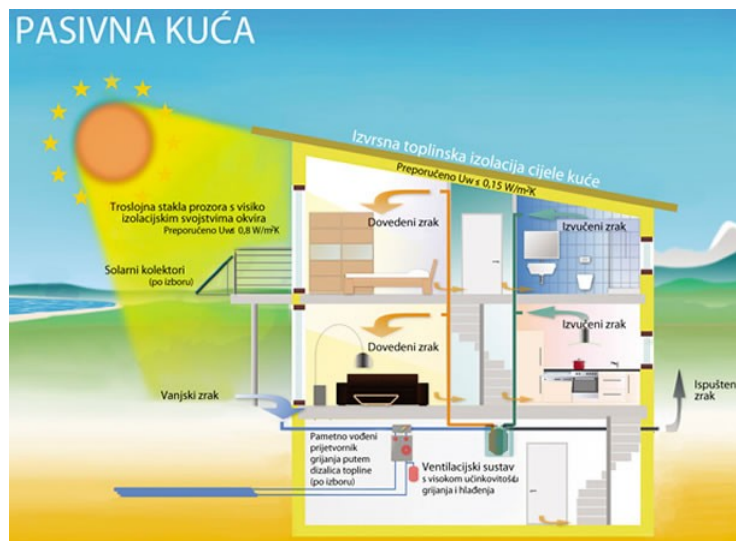
je ekonomski isplativa, ali i udobna. Pasivna kuća troši oko 90% manje energije za grijanje nego konvencionalna zgrada. Dodatni troškovi koji nastaju u procesu izgradnje vraćaju se već nakon nekoliko godina uštedom troškova energije; troškovi grijanja i hlađenja prostorija bit će za desetinu manji od onih u običajenim, klasično izgrađenim objektima. Vlasnici pasivnih nekretnina manje ovise ili uopće ne ovise o kretanju cijena energenata u budućnosti [7]. Nisu zagađivači okoline, žive zdravo, racionalno i ekonomično. To su ljudi povišene ekološke i socijalne svijesti, koji vode brigu o vlastitoj dobrobiti. *Slikom 1.* prikazuje se model pasivne kuće koji prikazuje uzajamno uvažavanje i korištenje prirodnih zakonitosti.

Koncept pasivnih kuća izveden je prvi put kao probni projekt 1991. godine u Darmstadtu (Kranichstein). Razvio ga je dr. sc. Wolfgang Feist (Passivhaus Institut). Otad se bilježi eksponencijalan porast broja izvedenih pasivnih kuća u Europi. Njemačka prednjači s brojem izgrađenih pasivnih kuća, a slijede ju Austrija, Švicarska, Nizozemska, Italija itd. [6]. Nažalost, Hrvatska s tek nekoliko primjeraka privatnih pasivnih kuća ne može pokušavati slijediti ritam Europe. Razloga i opravdanja ima mnogo, od ekonomskih, gospodarskih i dr., međutim možemo širiti znanja o potrebi napretka i jačati kolektivnu svijest, pa će s vremenom i naš standard izgradnje sve više rasti.

Energija je svakim danom sve skuplja, a okoliš sve onečišćeniji, stoga je samo pitanje dana kada će ljudi uvidjeti da nešto veća investicija u izgradnju niskoenergetske⁷, pasivne ili čak energetske neovisne kuće⁸ dugoročno znači značajne uštede energije i očuvanje okoliša [8].

⁷ Niskoenergetska kuća – kuća s godišnjom potrebnom toplinom za grijanje od otprilike 30 kWh/(m²a)

⁸ Energetske neovisne kuće – zgrada koja svu potrebnu energiju (grijanje, sanitarnu vodu, električnu energiju za domaćinstvo i rasvjetu) dobiva iz Sunčeve energije



Slika 1. Model pasivne kuće

Izvor: <http://www.webgradnja.hr/images/clanci/537/2.jpg>

Tablicom 1. prikazujemo karakteristične specifične vrijednosti za pasivne kuće koje nam govore kako koriste malo energije za svoje potrebe te imaju izrazito male gubitke.

Tablica 1. Karakteristične specifične vrijednosti za pasivne kuće

Godišnja potrebna topline za grijanje	$\leq 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$
Zajednička godišnja potrošnja primarne energije ⁹	$\leq 120 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$
Zajednička potrošnja električne energije	$\leq 18 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$
Toplinski gubici ¹⁰	$\leq 10 \text{ W}/\text{m}^2$
Zrakonepropusnost ¹¹	$n_{50} < 0,6 \text{ h}^{-1}$

Izvor: Zbašnik Senegačnik, 2009.

⁹ Primarna energija – oblik energije uzet iz prirode bez pretvorbe ili procesa transformacije

¹⁰ Toplinski gubici – gubici topline koje zgrada gubi kroz plašt zgrade

¹¹ Zrakonepropusnost – intenzivnost nekontroliranog protjecanja zraka kroz konstrukciju u zgradu ili iz nje zbog tlačne razlike

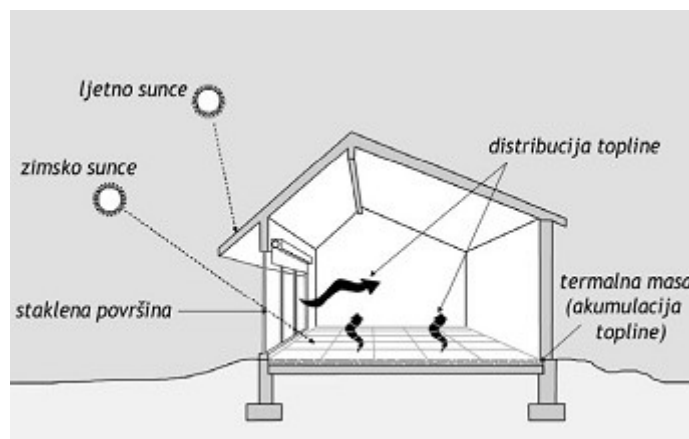
3. TEMELJNA NAČELA PROJEKTIRANJA PASIVNE KUĆE

Koncept pasivnih kuća temelji se na održivoj i energetske učinkovitoj gradnji. Osnovno je načelo takvih kuća da se svi energetske gubici svedu na minimum, a samim time omogućiti da energetske dobici budu dovoljni za održavanje zadovoljavajuće temperature u unutrašnjosti objekta i zimi i ljeti. Takve uvjete postizemo, između ostalog, pravilnom orijentacijom kuće, njezinim oblikom, visokom razinom toplinske izolacije plašta zgrade, ugradnjom kvalitetnih prozora i vrata, kvalitetnom ventilacijom te ugrađenom suvremenom tehnologijom i iskorištavanjem obnovljivih izvora energije. Osnovno pravilo pasivnosti kuće jest energetska bilanca vrijednosti nula. Svaka komponenta ima svoju ulogu, a uzimanjem u obzir svih komponenti dobivamo vrlo zadovoljavajuće rezultate.

3.1. Orijentacija

Kod pasivnih kuća orijentacija ima veliko značenje jer omogućuje iskorištavanje dobitaka Sunčeva zračenja. Južno pročelje ljeti je obasjano manje od istočnog i zapadnog, dok je pak zimi ono intenzivnije obasjano nego istočno i zapadno. To daje izuzetnu prednost južnom pročelju u odnosu na ostala pročelja, stoga se upravo na toj strani svijeta preporučuju što veće ostakljene površine. Na južnom pročelju ljeti, kada su najveće temperature, upadni je kut zraka manji (Sunce se nalazi u višoj točki te su zrake okomitije u odnosu na zemlju), što uvelike odgovara jer ne dolazi do velikih pregrijavanja unutarnjih prostorija. Zimi pak kada prevladavaju niske temperature i kada je najviše potrebno Sunčevo zračenje kako bi dodatno zagrijalo unutarnje prostorije, upadni je kut zraka veći (Sunce je na nižoj točki te su zrake položenije). Zato je kod izbora zemljišta za gradnju pasivnu kuću potrebno postaviti na južno orijentirano zemljište [6]. Na *Slici 2.* prikazan je položaj Sunca zimi i ljeti te upadni kut zraka Sunca u odnosu na kuću.

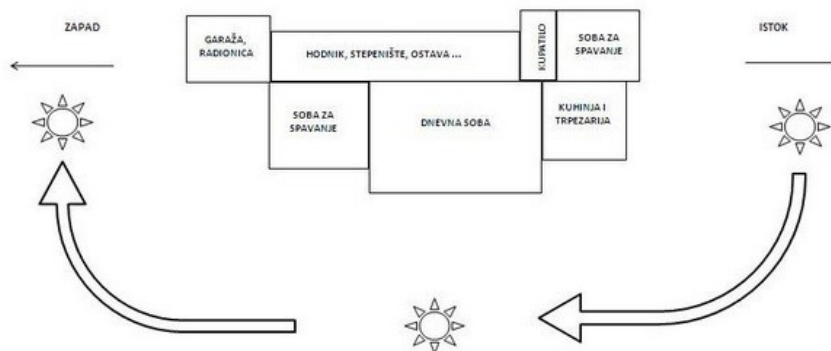
Važno je da Sunčeve zrake dopiru do kuće kako bi se moglo u potpunosti iskoristiti Sunčevo zračenje. Zasjenjenje zgrade visokim drvećem ili susjednim zgradama snižava učinkovitost samog zračenja [6].



Slika 2. Utjecaj Sunčeva zračenja ljeti i zimi

Izvor: http://ekologija.ba/userfiles/image/pasivne_ku_2.jpg

Na *Slici 3.* prikazan je položaj unutarnjeg rasporeda prostorija koje se orijentiraju s obzirom na namjenu kuće i potrebu za osunčanjem i prirodnim zagrijavanjem, kako bi se smanjile potrebe za dodatnim grijanjem i dodatnom potrošnjom energije.

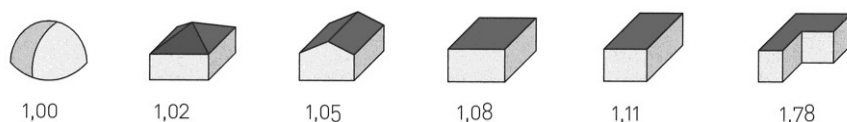


Slika 3. Orijentacija prostorija

Izvor: <http://www.ekoneimar.com/wp-content/uploads/2012/11/orijentacija1.jpg>

3.2. Oblik zgrade

Glavni je preduvjet u pasivnim kućama ograničiti transmisijske gubitke¹² na najmanju moguću mjeru. Do njih dolazi po cijelom plaštu zgrade. To ćemo spriječiti pravilnim oblikovanjem zgrade, a samim time i smanjiti vanjske površine na kojima dolazi do najvećih gubitaka. Za transmisijske gubitke vrlo je važno da je vanjskih površina s obzirom na volumen zgrade (m^3) što manje. Odnos između površine i volumena izražava se tzv. faktorom oblika (f_o). On je posebno dobar kod zgrada kvadratnog, okruglog, osmerokutnog i eliptičnog oblika [6]. Na *Slici 4.* prikazani su tlocrtni oblici za pasivne kuće. Zato je potrebno da je zgrada što kompaktnija i jednostavnija, bez razvedenih „krila“, dogradnji, istaka (masivnih neizoliranih balkona) i sl. Faktor oblika ovisi i o tipologiji izgradnje. Samostojeće obiteljske kuće u odnosu na dvojne zgrade, stambene nizove ili višeetažne stambene zgrade imaju nepovoljniji faktor oblika.



Slika 4. Faktor oblika geometrijskih tijela s jednakim volumenom

Izvor: *Senegačnik Zbašnik, M. (2009). Pasivna kuća. Zagreb, SUN ARH d.o.o.*

3.3. Temperaturno zoniranje

U rasporedu prostorija treba predvidjeti temperaturno zoniranje kojim se smanjuju temperaturne razlike između prostorija. Stoga kuću treba projektirati s tzv. tampon-zonama koje čine postepen prijelaz između hladnog vanjskog i najtoplijeg unutarnjeg prostora. One su potrebne kako ne bi došlo do velikih toplinskih gubitaka kroz zidove. Toplinski gubici veći su što je veća temperaturna razlika između dviju površina. Temperatura uvijek prelazi iz toplije prostorije u hladniju. Kako bi se smanjili transmisijski toplinski gubici u zgradi, na sjevernu stranu zgrade projektiraju se prostorije s nižom temperaturom (stubišta, smočnice, hodnici, spremišta), a na južnu

¹² Transmisijski gubici – događaju se uslijed izmjene topline kroz građevne elemente prema okolnom prostoru niže temperature

prostorije koje zahtijevaju više temperature (dnevni boravak, spavaće sobe, dječje sobe) [6]. Na taj način projektno rješenje nudi mogućnosti kvalitetnog iskorištavanja Sunčevih toplinskih zraka s južne strane, a istovremeno smanjuje transmisijske gubitke na sjevernoj strani.

3.4. Toplinska izolacija

Vanjski omotač zgrade najbitniji je dio zgrade kada govorimo o izolaciji, jer upravo na njemu uštedimo najviše izgubljene energije. Toplinski plašt zgrade čine svi građevni elementi koji tvore granicu između dvaju temperaturnih područja. To su svi vanjski zidovi, unutarnji zidovi prema negrijanim dijelovima zgrade, krov, podovi, prozori i vrata [6].

U pasivnoj kući svi elementi toplinskog plašta moraju biti dobro toplinski izolirani. Važno je da toplinskoizolacijski sloj teče neprekinuto cijelim plaštem kako bi se smanjili toplinski gubici na mjestima hladnih mostova. Posebno je važno dobro izvesti detaljne spojeve obvezno oko vrata i prozora, što je prikazano na *Slici 5*. [6].



Slika 5. Detalji obrade toplinske izolacije oko prozora

Izvor: <http://izolacija.urejam.si/files/2012/03/toplotna-in-zvocna-izolacija2.jp>

Debljina toplinske izolacije ovisno o materijalu i sastavu zida iznosi 25 – 40 cm. Kao toplinskoizolacijski materijali u pasivnoj kući koriste se umjetni anorganski i organski te prirodni materijali. Od umjetnih anorganskih tvari to su mineralna vuna i pjenjeno staklo, a od umjetnih organskih najčešće su korišteni materijali ekspanzirani i ekstrudirani polistiren, pjenjeni polietilen i pjenjeni poliuretan. Posljednjih se godina sve više umjesto umjetnih materijala koriste prirodni toplinskoizolacijski materijali, kao što su celulozna vlakna, drvena vlakna, kokosova vlakna, lan, konoplje, ovčja vuna, pluto i slama [6]

3.5. Prozori i vrata

Ustanovljeno je da kod pasivnih kuća klasično ostakljenje dvoslojnim staklom ne zadovoljava postojeće suvremene zahtjeve za toplinsku izolaciju. Za pasivnu kuću primjenjivi su prozori s troslojnim toplinskoizolacijskim ostakljenjem s U_g^{13} oko 0,6 do 0,7 W/(m²K) [6]. Na *Slici 6.* prikazan je PVC prozor s troslojnim ostakljenjem koji se ugrađuje u pasivne kuće. Umjesto PVC okvira prozora i vrata mogu se ugrađivati drugi elementi poput drveta, aluminija ili međusobnih kombinacija. Svaki izbor sa sobom nosi određene prednosti i nedostatke.



Slika 6. PVC prozor s troslojnim ostakljenjem

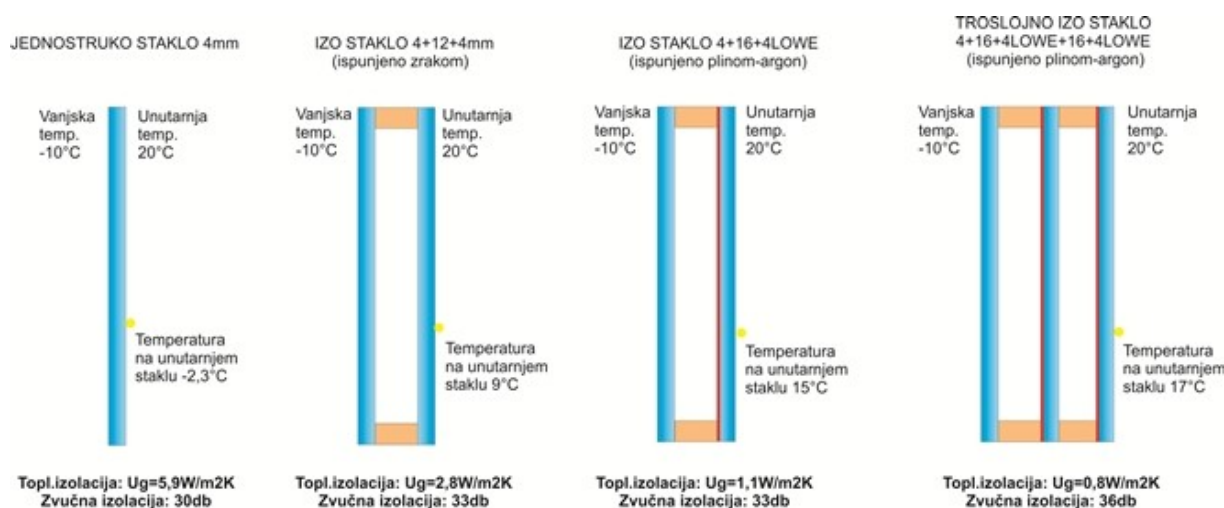
Izvor: [https://2.bp.blogspot.com/-](https://2.bp.blogspot.com/-84GvTFAs3pw/Vh1ji5rz9_I/AAAAAAAAAQI/it_UddOBWsU/s1600/troslojno-staklo-pvc-prozor.jpg)

[84GvTFAs3pw/Vh1ji5rz9_I/AAAAAAAAAQI/it_UddOBWsU/s1600/troslojno-staklo-pvc-prozor.jpg](https://2.bp.blogspot.com/-84GvTFAs3pw/Vh1ji5rz9_I/AAAAAAAAAQI/it_UddOBWsU/s1600/troslojno-staklo-pvc-prozor.jpg)

¹³ U_g – činjenični prolaz topline stakla

Izolacijsko ostakljenje pasivnih kuća sastoji se od tri stakla. Međuprostor je zbog bolje toplinske izolacije punjen plemenitim plinom (argonom, kriptonom ili ksenonom). Da bi kroz staklo prodiralo što manje dugovalnog toplinskog zračenja, na njega je nanesen nevidljiv, izuzetno tanak sloj većinom srebrnih oksida (niskoemisijski nanos) [6].

Prozor koji je ugrađen u zid pasivne kuće mora imati dobre toplinskoizolacijske karakteristike kako bi njegova unutarnja površinska temperatura bila što bliže temperaturi zraka u prostoru. To je potrebno i zbog postizanja temperaturne ugodnosti i zbog sprječavanja kondenzacije zračne vlage [6]. Na *Slici 7.* prikazane su različite vrste ostakljenja te njihovi toplinski gubici.



Slika 7. Gubici toplinske energije

Izvor: <http://www.kvk.hr/wp-content/uploads/staklo4izo.jpg>

Vrata za pasivne kuće razlikuju se od uobičajenih vrata. Kod njih je vrlo važna zrakonepropusnost, stoga vrata moraju imati brtvila – na stranama i s gornje strane dvostruka, a s donje strane kod praga najmanje jednostruka. Moraju imati dobru toplinsku izolaciju, prolaz topline ugrađenih vrata ne smije prelaziti $0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ [6].

4. UTJECAJ NAČINA IZGRADNJE PASIVNE KUĆE NA ZDRAVU MIKROKLIMU

Vanjski izgled pasivne kuće ne razlikuje se od konvencionalne kuće, nego govorimo o novom i suvremenom načinu gradnje. Pasivna kuća pruža nam visoku udobnost, visoku kvalitetu zraka u prostorijama, toplinsku ugodnost, a sve to uz izuzetno nisku potrošnju energije. Sve to postiže se smanjenjem toplinskih gubitaka, a povećanjem dobitaka, izbjegavanjem toplinskih mostova, zrakonepropusnošću, ventilacijom, grijanjem. Također i korištenjem prirodnih materijala koji ne zagađuju okoliš tijekom izrade, ugradnje, vijeka trajanja i na kraju samog recikliranja, ali nam i smanjuju toplinske gubitke pa imamo minimalne potrebe za grijanjem unutarnjih prostorija [9].

4.1. Toplinski mostovi

Toplinski su mostovi lokalno ograđene površine na građevnom elementu gdje je povećan prolaz topline. Javljaju se na vanjskom plaštu zgrade, i to uvijek zbog pogrešaka i manjkavosti pri projektiranju i izvedbi. Kroz toplinski neodgovarajuće zaštićene dijelove pročelja zgrada može se izgubiti vrlo mnogo topline. Osnovni je princip gradnje pasivne kuće konstruiranje bez toplinskih mostova [6]. Postoje tri vrste toplinskih mostova: konvekcijski, geometrijski i konstrukcijski. Konvekcijski toplinski mostovi nastaju na mjestima pukotina ili otvora gdje kroz njih nekontrolirano odlazi topao zrak. Geometrijski nastaju na mjestima gdje je unutarnja površina, kroz koju odlazi toplina, manja od vanjske, a konstrukcijski na mjestima gdje je došlo do prekida u toplinskom plaštu zgrade [6].

Posljedice koje toplinski mostovi mogu izazvati izuzetno su štetne i za samu građevinu i za zdravlje ljudi. Kada je vanjska temperatura niska, površinske su temperature na unutrašnjoj strani elementa niže, što je rezultat upravo pojave toplinskih mostova. To dovodi do smanjenja osjećaja ugodnosti. Dovodi i do toga da se mora pojačavati grijanje, što povećava potrošnju, ali i zagađenje okoliša. Uz to se, zbog nepotrebnog strujanja zraka, u zraku nalazi veća količina bakterija i virusa, pa su stanari skloniji prehladama [6].

Niže temperature na unutrašnjim površinama na području toplinskog mosta mogu uzrokovati i rošenja. Rosa (kondenzacija) nastaje kada vlažan topao zrak dolazi na hladnu površinu i ohladi se ispod temperature rosišta. Na površine koje su se

kondenzacijom vodene pare navlažile sjeda prašina te u kombinaciji s ostalim građevnim materijalima (žbuka, beton) stvara pogodno mjesto za razmnožavanje spora i plijesni koje su u velikoj mjeri štetne za zdravlje ljudi, ali i prouzrokuju štete na građevnim elementima [6]. Na *Slici 8.* prikazan je karakterističan detalj uznapredovane štete na građevini koja je uzrokovana toplinskim mostom. Radi se o geometrijskom toplinskom mostu u uglu kuće, gdje je razlika unutarnje i vanjske temperature najveća, a vlaga je u prostoriji povećana (kuhinja, kupaonica i sl.). Zidna plijesan štetna je za zgradu, estetski odbija, ali najštetnija je upravo za zdravlje stanara.



Slika 8. Zidna plijesan, posljedica toplinskog mosta

Izvor: <http://sistembp.com/TOPLINSKI-MOSTOVI>

4.2. Zrakonepropusnost

Jedan od osnovnih uvjeta za postizanje standarda pasivne kuće, uz kvalitetnu toplinsku izolaciju, jest i zrakonepropusna izvedba ovojnice zgrade, koja se izvodi s unutarnje strane vanjskog zida. Zrakonepropusnost je intenzitet nekontrolirana

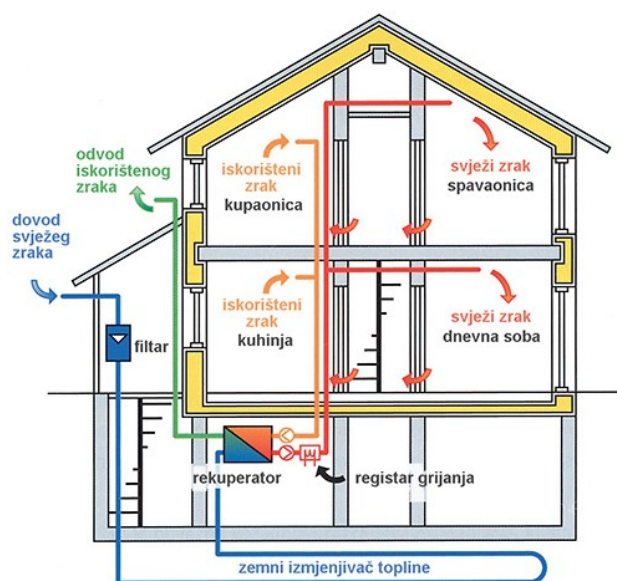
protjecanja zraka kroz konstrukciju u zgradu ili iz nje zbog tlačne razlike. Nekontrolirano protjecanje zraka javlja se u fugama, pukotinama, na spojevima različitih građevinskih elemenata i drugim propusnim mjestima na plaštu zgrade. Prolazak zraka kroz vanjski plašt zgrade ima nekoliko nedostataka: građevna oštećenja, nekontrolirane toplinske gubitke i provođenje zvuka. U pasivnim kućama postizemo potpunu zrakonepropusnost plašta zgrade točnim projektiranjem svih spojeva građevnih elemenata. Toplinskoizolacijski plašt i zrakonepropusni plašt moraju biti potpuni i bez prekida [6]. Povećavajući zrakonepropusnost zgrade, smanjujemo potrebu za energijom za grijanje. Zbog visokog stupnja zrakonepropusnosti koja garantira vrlo male toplinske gubitke, sve pasivne kuće moraju imati kvalitetan ventilacijski sustav koji u zgradu dovodi svježi i iz nje odvodi istrošeni zrak [10].

4.3. Ventilacija

Kvaliteta unutarnjeg zraka vrlo je važna u prostorijama u kojima ljudi provode duže vremensko razdoblje. Loša kvaliteta unutarnjeg zraka može privremeno rezultirati neugodom, ali i pridonijeti ozbiljnom dugotrajnom pogoršanju zdravlja stanara. U standardnim kućama kvaliteta unutarnjeg zraka održava se provjetravanjem prostora [9].

Ventilacija u kućama potrebna je zbog osiguravanja odgovarajuće kvalitete zraka, kako bismo uklonili višak CO₂ i druge štetne tvari iz zraka te osigurali dovoljno svježeg zraka. U prostoriji je svakog sata potrebno osigurati 25 – 35 m³ svježeg zraka po osobi. To znači da bismo svaka tri sata trebali otvoriti prozor ili vrata na 15 minuta. Odvodnjom iskorištenog zraka iz prostorije se odvodi i toplina, a time se smanjuje ugodnost boravka u prostoriji i povećava potreba za grijanjem [6].

Standard pasivne kuće zahtjeva izvanredno zrakonepropustan plašt zgrade, ali na taj način gotovo potpuno sprječava dovod svježeg zraka u prostorije. Zbog toga se u pasivne kuće ugrađuje uređaj za ventilaciju. Na *Slici 9.* prikazan je sustav kontrolirane ventilacije koji vraća toplinu otpadnog zraka (rekuperacija) s iskoristivošću do 75%. Topao otpadni zrak predaje svoju toplinu ulaznom hladnom svježem zraku. Sustav ima i filtre koji dovedenom zraku oduzimaju pelud i prašinu, što je velika prednost za osjetljive osobe ili oboljele od raznih alergija [6].



Slika 9. Ventilacija u pasivnoj kući

Izvor: <http://korak.com.hr/korak-027-rujan-2009-pasivna-kuca-3-dio-ventilacija/>

4.4. Grijanje

U pasivnim kućama potrebe za dodatnim grijanjem vrlo su male. Mjerenja su pokazala da je grijanje u pasivnim kućama potrebno samo kod vanjskih temperatura između 0 °C i 5 °C. Moguće je dodatno grijanje pomoću tradicionalnih uređaja na različite energetske izvore (loživo ulje, ukapljeni naftni plin, zemni plin...). No kako je pasivna kuća ekološka i okreće se obnovljivim izvorima energije te pazi na okoliš, umjesto klasičnog sustava grijanja primjenjuje tzv. toplozračno grijanje. Zrak koji se uređajima za ventilaciju dovodi u stambene prostorije u hladnim se danima dogrijava. Temperatura dovedenog zraka ne smije prelaziti 49 °C jer inače prašina pougljeni, što kvari kvalitetu zraka [6].

Za grijanje sanitarne vode potrebno je dvostruko više energije nego za grijanje prostorija. Zgrada se grije samo zimi dok toplu sanitarnu vodu treba osigurati svakoga dana. U pasivnim kućama za grijanje prostorija preporučuje se uporaba toplinske crpke, a za grijanje sanitarne vode kombinacija toplinske crpke i pretvornika Sunčeve energije (PSE). Dobivanje električne energije sunčanim pretvornicima nema negativnog utjecaja na okoliš [6].

4.5. Ekološki materijali

Čovječanstvo postaje sve svjesnije ljudskog djelovanja na okoliš i posljedica koje ono ima na čovjeka i njegovo zdravlje. Od ključne je važnosti trajnost materijala, njegov utjecaj na okoliš i mogućnost recikliranja. Energija uštedena tijekom cijelog životnog vijeka građevine može se povećati pravilnim odabirom materijala i njegovom kvalitetnom implementacijom. Pri ocjeni ekološke vrijednosti materijala važni su i parametri energije koja se uštedi prilikom proizvodnje, način transporta, ugradnje, održavanja, trajanja i dr. Sve se češće grade kuće koje, osim što su izvedene u standardu pasivne kuće, ispunjavaju i ekološka mjerila [9]. To je odraz ekološke osviještenosti investitora i projekatanta, ali i društva u cjelini.

5. PARAMETRI UGODNOSTI BORAVKA U PASIVNOJ KUĆI

Stanovanje je spoj stambenog objekta, okoliša koji ga okružuje, pripadajuće zajednice i, naravno, samog življenja u stambenom objektu. Zdravlje je stanje potpunog psihičkog, fizičkog i socijalnog blagostanja, a ne samo odsutnost svih bolesti. Zato nam zdravo stanovanje mora osigurati mentalne, fizičke, socijalne i emocionalne preduvjete vezane za zdravlje, higijenu, sigurnost, privatnost i komfor. Kako bismo osigurali takve uvjete stanovanja u kojima bi ljudi bili i ostali zdravi, veliku važnost ima javno zdravstvo koje svojim planovima, programima i studijama utječe na opću svijest javnosti, na kreiranje i provođenje politike te strategije o stanovanju i uređenju okoliša. Zdrav dom ne znači samo specifično uređen i projektiran stambeni objekt [11].

Dom nije samo mjesto za stanovanje pojedinca ili skupine ljudi, već je puno više od toga. Dom nas štiti od vanjskih nepogoda, u domu čovjek gradi svoj identitet i osobnost. To je mjesto u kojemu čovjek ima svoj mir i osjeća se sigurno, a sve su to preduvjeti za zdrav život.

Prema *Deklaraciji o habitatu* (Istanbul, 1996.), koncept zdravog stanovanja obuhvaća odgovarajuću privatnost, fizičku pristupačnost objektu, sigurnost, prostor, strukturalnu stabilnost i izdržljivost, odgovarajuće osvjetljenje, ventilaciju, grijanje, odgovarajuću temeljnu infrastrukturu poput vodoopskrbe, sanacije i odlaganja otpada, odgovarajuće uvjete okoliša te pristupačnu lokaciju s obzirom na posao i osnovne službe (škola, vrtić, zdravstvena skrb itd.) [11].

U kontroli bolesti, posebno prijenosa zaraznih bolesti¹⁴, veliku ulogu imaju: opskrba zdravstveno ispravnom pitkom vodom, sigurno i higijensko odlaganje ljudskih izlučevina, odgovarajuće odlaganje i zbrinjavanje krutog otpada, osobna higijena te higijena stambenog objekta. Osiguravanjem zdravstveno ispravne vode i higijenskog odlaganja otpada bitno se smanjuje učestalost infektivnih gastrointestinalnih bolesti te razmnožavanje vektora raznih zaraznih bolesti. Kontrola zaraznih bolesti nije moguća niti u najbolje projektiranim objektima ako se ne održava higijena, a to je nemoguće bez odgovarajuće vodoopskrbe [11].

¹⁴ Zarazne bolesti – bolesti izazvane ulaskom patogenih mikroorganizama u organizam domaćina

Nedostatak Sunčeva zračenja i nedovoljna ventilacija prostorija dodatno pridonose pojavi zaraznih bolesti, posebice tuberkuloze¹⁵ i drugih bolesti koje se prenose zrakom [11].

Stanovanje se razlikuje od države do države jer ono ovisi i o specifičnim kulturnim, socijalnim, ekonomskim i okolišnim čimbenicima. Naravno, ne smije se zaboraviti niti na specifične dobne i spolne čimbenike. Grupe ljudi koje su najviše izložene povećanom riziku od utjecaja štetnog stanovanja jesu djeca, žene, starije osobe i osobe s posebnim potrebama, jer one najviše vremena provode u zatvorenom prostoru [11].

Loši uvjeti stanovanja mogu uzrokovati mentalne poremećaje¹⁶, kao što su depresija¹⁷, tjeskoba¹⁸, razdražljivost, nasilje, vandalizam, te poremećaje pažnje kod djece i sl.

Primjeri su lošeg stanovanja četvrti u pojedinim gradovima koje su izdvojene od ostatka grada, siromašne i imaju slabu higijenu, a u njima žive stanovnici koji kao posljedicu takvog načina života imaju zdravstvene poremećaje.

5.1. Svjetlost

Dnevno svjetlo ključna je komponenta u arhitekturi, posebno u pasivnoj kući. Dnevno svjetlo ima važnu ulogu u zgradama, a isto tako izrazito utječe na kvalitetu življenja. Preduvjet je zdravog doma i dovoljna količina dnevnog svjetla. Dobro radno svjetlo povećava produktivnost i koncentraciju kod odraslih i kod djece. Prirodno svjetlo ima pozitivan utjecaj na raspoloženje. Dnevno svjetlo u dječjim sobama poboljšava sposobnost učenja. Faktor dnevne svjetlosti (DF) prepoznatljiv je pokazatelj dostupne količine dnevnog svjetla u sobi. Izražava postotak dnevnog svjetla dostupnog unutar radne površine u usporedbi s količinom dnevnog svjetla dostupnog izvan zgrade. Što je veći DF, to je veća količina dnevnog svjetla dostupna u sobi. Ako je DF ispod 2%, to znači da u sobi nema dovoljno dnevnog svjetla te je potrebna električna rasvjeta, a kada je DF iznad 5%, tada je u sobi dovoljna količina dnevnog svjetla [12].

¹⁵ Tuberkuloza – potencijalno opasna zarazna bolest koja primarno zahvaća pluća

¹⁶ Mentalni poremećaji – svaki poremećaj funkcije mozga koji utječe na mišljenje, osjećaje ili sposobnost da osoba komunicira sa svojom okolinom

¹⁷ Depresija – bolest raspoloženja koja zahvaća i tijelo i misli

¹⁸ Tjeskoba – pojava koja se zbiva „unutra“, u vlastitoj psihičkoj stvarnosti

Svjetlost u kuću dovodimo preko staklenih površina i upravo zato pasivna kuća predlaže velike staklene površine. Na taj način smanjujemo potrošnju energije koja nam je potrebna za rasvjetu te stvaramo određenu ugodnost i toplinu u kući.

5.2. Prozračivanje

Na spomen riječi 'zagađeni zrak' najčešće se misli na onečišćeni vanjski atmosferski zrak. Rijetko se misli na unutarnji zrak u prostorijama. Istraživanja su pokazala da je unutarnji zrak pet, pa čak i sto puta zagađeniji od vanjskog zraka. To još više zabrinjava jer čak 80% svog vremena čovjek provodi u zatvorenim prostorijama, u radnoj sredini ili stambenom prostoru. Zato je kvaliteta zraka u zatvorenim prostorijama izrazito važna. Na kvalitetu zraka utječu zagađenja koja u prostorije ulaze iz vanjskog zraka, ali i unutrašnji izvori koji oslobađaju različite čestice, plinove, pare, vlakna. Zdravstveni problemi izrazito su povezani s lošom kvalitetom unutarnjeg zraka [11].

Dobru kvalitetu unutrašnjega zraka možemo ostvariti ako redovito zagađeni unutrašnji zrak zamijenimo svježim vanjskim zrakom. To dobijemo prozračivanjem prostorija, ali tako da potrošeni zrak redovito uklanjamo iz prostorija, a istovremeno dovodimo u njih svjež i čist zrak [8].

Klasični način prozračivanja nije pogodan za pasivne kuće jer bi na taj način kuća gubila veliku količinu topline koja bi izlazila zajedno sa zagađenim unutarnjim zrakom. Zbog toga pasivna kuća ima sustav kontrolirane ventilacije vraćanjem topline otpadnog zraka, tj. rekuperacije s iskoristivošću većom od 75% [11].

Kvalitetna ventilacija prostora smanjuje respiratorne bolesti, povećava produktivnost čovjeka, ali i znatno štedi energiju. Ventilacija dispergira mikroorganizme u zraku i na taj način smanjuje prevalenciju bolesti koje se šire zrakom. Optimalna je brzina ventilacije 20 – 25 l/s po osobi. Nedovoljna ventilacija rezultira vlažnošću prostorija, prisutnošću gljivica, bakterija, prašine, kao i glodavaca, žohara, a sve to utječe na zdravlje ljudi, posebice male djece zbog njihove hiperosjetljivosti i nedovoljno razvijena imunološkog sustava [11].

Na kvalitetu zraka utječe i raspadanje plina radona. To je radioaktivni plin koji nastaje prirodnim raspadanjem urana u stijenama i tlu te je izvor ionizirajućeg zračenja iz prirodnih ili ljudskih izvora. Radon se povezuje s nastankom Parkinsonove i Alzheimerove bolesti, a oslobađa se i iz pojedinih građevinskih materijala [11].

Zrak nam je izrazito važan i bez njega ne možemo, ali ponekad nismo ni svjesni koliko nam može naštetiti tzv. ustajali, zatvoreni zrak, te kolike opasnosti krije nedovoljno prozračivanje prostorija. U pasivnim kućama ne postoje te opasnosti ili su svedene na minimum zbog ekološkog načina gradnje i primjene suvremene tehnike i tehnologije pri ventilaciji prostorija, što je jedan od vrlo važnih parametara pri odluci o načinu gradnje.

5.3. Temperatura

Temperatura u prostorijama također je jedan od bitnih parametara za ugodan boravak u kući. Ljudi različito podnose i prilagođavaju se visokim i niskim temperaturama, od pojedinca do pojedinca ovisi i pojam ugodne ili optimalne temperature. Način njezine kontrole u prostorijama ovisi o jednom bitnom faktoru, a to je ventilacija. Osjećaj ugodne temperature ovisi o relativnoj vlažnosti, brzini strujanja zraka, temperaturi zračenja, temperaturi samog zraka, količini odjeće koju pojedinac ima na sebi te o metabolizmu i njegovoj brzini [11]. Smatra se da je idealna sobna temperatura oko 20 °C. Na postojanje optimalne temperature utječe starost stambenog objekta, nezadovoljavajuće grijanje ili njegovo nepostojanje, prihodi i veličina domaćinstva. U *Tablici 2.* prikazane su temperature rosišta u slučaju kada je stalna ishodišna temperatura vlažnoga zraka u prostoru 20 °C, a mijenja se relativna vlažnost. Što je viša relativna vlažnost zraka u prostoru, to je viša i temperatura rosišta.

Tablica 2. Temperatura rosišta u ovisnosti o relativnoj zračnoj vlažnosti

Relativna zračna vlažnost	%	30	40	50	60	70	80	90	100
Temperatura rošenja	°C	1,9	6,0	9,3	12,0	14,4	16,4	18,3	20,0

Izvor: *Senegačnik Zbašnik, Martina (2009). pasivna kuća, Zagreb, SUN ARH d.o.o.*

Za zdravlje čovjeka nije dobra ni konstantno niska niti konstantno visoka temperatura. Konstantno niska temperatura izaziva prehladu, curenje nosa, kašalj, a izuzetno niske temperature mogu dovesti do ozeblina. Konstantno visoke temperature nisu toliko opasne, ali rezultiraju pojavom nervoze, razdražljivosti, padom koncentracije i produktivnosti. Temperaturu prostorija trebamo prilagoditi vanjskoj temperaturi, jer za ljudsko zdravlje nije dobra velika promjena temperature između prostorije u kojoj

boravi i vanjskog prostora (česta pogreška pri korištenju klimatizacijskih uređaja). Velike promjene temperature izazivaju šok za organizam, mogu dovesti do zastoja rada srca, a izrazito su opasne za rizične skupine, starije osobe, srčane bolesnike i djecu [11].

Pojedine prostorije u kući zahtijevaju više, a pojedine niže temperature, sve ovisno o njihovoj namjeni i godišnjem dobu. Kako bismo se osjećali ugodno u kući, temperaturu moramo prilagoditi sami sebi i svojim potrebama. Ugodna temperatura poboljšava i samo psihičko i fizičko zdravlje [11]. Prednost je pasivne kuće u tome što je jednako učinkovita i ljeti i zimi – kako ljeti ne dozvoljava veliko pregrijavanje, tako zimi ne dozvoljava pretjerano rashlađivanje unutarnjeg prostora.

5.4. Vлага

Velik broj unutarnjih prostorija zahvaćen je vlagom. Vлага, ali i plijesan i mikroorganizmi, koji nastaju kao posljedica vlage, čimbenici su koji jako utječu na kvalitetu zraka u prostorijama, stoga su i velik problem za ljudsko zdravlje. Istovremeno predstavljaju i problem sa stajališta građevine jer njihov rast i razmnožavanje dovodi do razaranja građevnih materijala [11].

Rast gljivica i plijesni rezultat je nedovoljne toplinske izolacije, hidroizolacije i ventilacije, što utječe na povećanje vlage u prostorijama. Nedovoljno grijanje prostorija u današnje je vrijeme problem koji se javlja kao rezultat gospodarske krize u državi i sve težeg načina života [11].

Procjenjuje se da preko 90% slučajeva pojave plijesni nastaje zbog nedostatnog grijanja te loših navika i ponašanja stanara, a ne zbog loše izgrađenih zgrada. Zbog slabog grijanja zidovi postaju hladni i vlažni, a to postaje idealan okoliš za rast plijesni.

Preporučuje se da sobna temperatura uvijek bude oko 21 °C te da se prostorije prozračuju nekoliko puta dnevno kako bi se omogućila izmjena zraka i smanjila pretjerana vlažnost pojedinih prostorija (kuhinja, kupaonica) [11].

Ako u prostoriji postoji velika količina gljivica, kod ljudi koje borave u takvoj prostoriji može doći do pojave simptoma alergijskih reakcija, sličnih onima kod alergija na pelud biljaka, uglavnom kao rezultat inhalacije ili izravnog dodira s kožom. Mogu izazvati simptome iritacije sluznice oka, suhi kašalj, napad astme, upale dišnih putova, probleme središnjeg živčanog sustava i povišenu temperaturu. Klinički je dokazano da izlaganje mikroorganizmima i plijesnima koji su rezultat vlage može dovesti do stanja

kao što su alergijski alveolitis¹⁹, hipersenzitivni pneumonitis²⁰, kronični rinosinusitis²¹ i alergijski fungalni sinusitis²². Na štetne učinke gljivica izrazito su osjetljivi dojenčad, djeca, starije te imunokompromitirane osobe [11].

Najveći su izvori vlage u kućama: poplave, kuhanje, sušenje rublja, krovovi koji propuštaju, sobne biljke koje isparavaju vlagu kroz svoje listove, problemi s kanalizacijskim odvodnim cijevima te konstrukcijski i geometrijski toplinski mostovi.

Najvažnije je otkriti izvor vlage prije same sanacije jer će se u protivnom gljivice vrlo brzo vratiti. Postupak čišćenja gljivica rizičan je za zdravlje jer se tada u zraku nalazi sto do tisuću puta više gljivica od njihove uobičajene količine [11]. Stoga je sanaciju potrebno provesti stručno i detaljno, a stanare vratiti u prostor tek kada je postignut optimum zdrave okoline.

5.5. Buka

Dopuštena razina buke u prostorijama ovisi o njihovoj namjeni i o dobu dana. U unutrašnjim prostorijama najveći su izvor buke servisni uređaji (uređaj za dovod i odvod vode, grijanje, kućanski strojevi, klimatizacija i dr.). Postoje i različite razine buke ovisno o njihovim vremenskim značajkama i intenzitetu: stalna ili isprekidana buka od 25 dB²³, kratkotrajna ili kolebajuća buka od 30 dB [11].

Izravne štetne posljedice izloženosti buci jesu naglušost i gluhoća kod izrazito glasnog izvora buke, a neizravna je posljedica trajne izloženosti buci manjeg intenziteta niz usko povezanih poremećaja poput metaboličkih²⁴, kardiovaskularnih²⁵, endokrinoloških²⁶, oštećenja mentalnog zdravlja, a sve to smanjuje radne i životne sposobnosti [11].

¹⁹ Alergijski alveolitis – bolest pluća izazvana udisanjem prašine biljnog i životinjskog porijekla

²⁰ Hipersenzitivni pneumonitis – plućna bolest uzrokovana udisanjem čestica organskog porijekla u prethodno senzibiliziranih osoba

²¹ Kronični rinosinusitis – upala sluznice nosa i paranazalnih šupljina

²² Alergijski fungalni sinusitis – imunološka reakcija na prisutnost gljivica koje se nalaze na površini nosne sluznice kod imunokompetentnog domaćina

²³ dB – decibel, decimalna jedinica brojčane jedinice bel iznimno dopuštena izvan SI; jedinica razine određene fizikalne veličine

²⁴ Metabolički poremećaji – poremećaji koji uzrokuju povišen krvni tlak i povišenu razinu kolesterola

²⁵ Kardiovaskularni poremećaji – poremećaji srca i krvožilnog sustava

²⁶ Endokrinološki poremećaji – poremećaji rada unutrašnjih žlijezda i metabolizma

Na razinu buke možemo utjecati nizom mjera, primjerice održavanjem i servisiranjem uređaja, izborom uređaja koji stvaraju manje buke, izolacijom izvora buke i dr. [11]. Potrebno je osvijestiti da buka ima svoje negativne utjecaje, jer u suvremenom stanovanju postoje i tzv. suvremeni izvori buke (preglasna glazba, stalno skakanje, lupanje, kućni radovi, lavež pasa i sl.) koji naizgled nisu opasni, ali ako su preintenzivni i predugo traju, ostavljaju trag na zdravlju.

6. SINDROM BOLESNE ZGRADE

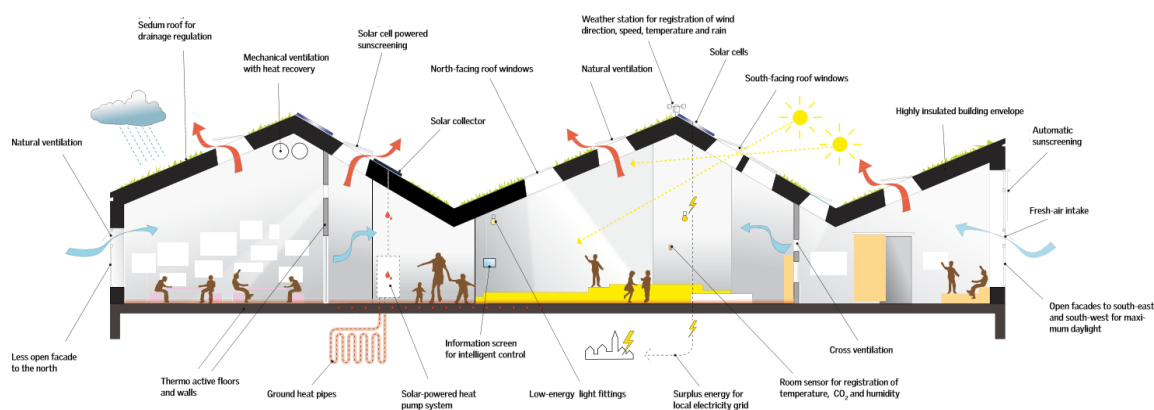
Sindrom „bolesne zgrade“ naziv je koji predstavlja zdravstveni problem kod osoba za vrijeme boravka u zgradi, odnosno u zatvorenom prostoru, te iznenadni prestanak problema nakon izlaska iz tog prostora, odnosno zgrade. Ako se grade mali stambeni objekti u kojima se plinovi koji se otpuštaju iz građevnih materijala zbog nedovoljna provjetravanja prostora duže zadržavaju u prostoru, to uzrokuje niz zdravstvenih problema [11].

Sindrom „bolesne zgrade“ obuhvaća grupu simptoma nejasna uzroka. Postoje simptomi kao što su iritacija sluznica (oči, nos, grlo), suha koža, osip na koži. Simptomi se smanjuju i prestaju nakon što osoba napusti zgradu, odnosno prostor, u roku od nekoliko sati. Postoji mogućnost pojave glavobolje, infekcije gornjih dišnih putova, pritisak u grudima, mučnina, vrtoglavica [11].

Jedan od glavnih razloga pojave svih tih simptoma jest nedovoljna kvaliteta zraka, koja je usko povezana s klimatizacijskim sustavima. Ventilacija razrjeđuje onečišćeni zrak, ali istodobno povećava izloženost ljudi određenim onečišćivačima koji se generiraju kroz sustav ventilacije [11].

U pasivnim je kućama pojam sindroma „bolesne zgrade“ nepoznanica zbog toga što je unutarnji prostor operativne temperature i vlažnosti, provjetravanje kroz sustav rekuperacije, zagrijavanje bez radijatora, nema toplinskih mostova te pojave gljivica i plijesni itd. Stare kuće i loša izgradnja nisu isključivi uzročnici bolesti kod ljudi, ali njihova štetnost za zdravlje i posljedice koje čovjek snosi radi manjkavosti izgradnje i loših uvjeta stambene i radne sredine velike su, znatno veće nego što se misli.

Slika 10. prikazuje primjer održive, zelene gradnje i zdrava života od malih nogu, budući da je zgrada dječjeg vrtića u Danskoj projektirana po svim pravilima održive gradnje.



Slika 10. Dječji vrtić u Danskoj

Izvor: *file:///D:/VELUX%20webinar%20-%20Solhuset-Lions%20Active%20House-PDF.pdf*

Može se vidjeti da je izgrađen upravo na način da zadovoljava potrebe djece i osigurava im zdrav način života, koristeći samo prirodu koja ga okružuje. Vrtić ima sustav prirodne ventilacije, što djeci osigurava svjež prirodni zrak, ali isto tako uklanja iz njega štetne tvari i CO₂.

Ventilacija se odvija kroz bočne, ali i krovne prozore. Krovni prozori ujedno služe za ulazak Sunčevih zraka u prostorije, što osigurava dovoljnu količinu svjetlosti, ali i osunčanje svih površina, pa čak i onih najnižih i teško pristupačnih.

Na krovu se nalaze sunčani kolektori i velike zelene površine. Uz sve to, vrtić je opremljen senzorima koji kontroliraju temperaturu, CO₂ i vlagu u prostorijama. Sve navedeno omogućuje da djeca u vrtićima borave u zdravim mikroklimatskim uvjetima, što utječe na njihovo zdravstveno stanje, zdravo odrastanje, a rezultati promatranja boravka djece upravo u tom vrtiću prikazuju djecu kao izuzetno raspoloženu, odmornu i veselu.

Kad bismo u istim uvjetima mogli živjeti i u svojim stambenim prostorima, tada bismo mogli zaključiti da je čovjek poduzeo određene mjere vraćanja prirodi i pokušaju stvaranja prirodnog balansa koji bi za rezultat imao neprocjenjivu vrijednost – zdravlje.

Upravo ovakvo projektiranje, izvođenje i korištenje objekata bijeg je od tzv. bolesnih zgrada. Budući da se godinama projektiralo i gradilo bez razmišljanja o dugoročnim posljedicama na zdravlje ljudi i štetnost za zgradu, danas nažalost postoji mnogo bolesnih zgrada. Njihova je sanacija skupa, a često i nemoguća u potpunosti.

Stoga odgovornost najviše leži na projektiranju novih zgrada i stvaranju bolje budućnosti za sve korisnike zgrada. Svijest među ljudima sve je više usmjerena na održivost, projektanti i izvođači sve su više educirani i spremni na zelenu, održivu gradnju, a vlasnici i korisnici zgrada upravo su oni koji će najviše profitirati. Vrijeme će pokazati ispravnost velikog pomaka u razmišljanju i u stvaranju održivih i zdravih prostora.

7. ZAKLJUČAK

Razvoj tehnologije, suvremeni način života, ali i drugačiji pogledi na svijet i život oko nas mijenjaju se i uvijek će se mijenjati. Svako vrijeme sa sobom donosi određene prednosti i nedostatke. U društvenom, političkom, znanstvenom području dolazi do promjena, a te promjene nisu zaobišle niti građevinu, arhitekturu, urbanizam.

Ljudi prvenstveno moraju početi prihvaćati promjene i inovacije te davati priliku nepoznatom i drugačijem, jer se jedino tako može napredovati ne samo u vlastitom životu nego i u društvu. Na svu sreću, ljudi postaju otvoreniji i pristupačniji novim idejama, što dovodi do novog načina gradnje koji se zove održiva gradnja. Taj način gradnje dovodi do toga da je tradicionalni način gradnje promijenjen u kvalitetniji i zdraviji.

Pasivna kuća nudi sve što je potrebno za život, život u skladu s prirodom, i to tako da se od nje uzima ono što nam nudi, ali da se pritom ne uništi. Učila nas je razmišljati i ne misliti samo na sebe i svoje potrebe, već i na potrebe ljudi oko nas i onih koji će iza nas tek doći. Priroda oko nas dio je nas, kao što smo i mi dio prirode, ne možemo živjeti i opstati ako se ne dopunjavamo i ako se međusobno uništavamo. Svako ponašanje čovjeka koje nije u skladu s prirodom i prirodnim zakonitostima s vremenom se kao bumerang vraća u vidu negativnog utjecaja na čovjeka. Primjer su i tzv. bolesne kuće koje su rezultat jeftine, brze i nekvalitetne gradnje s dugoročnim negativnim posljedicama prvenstveno na zdravlje čovjeka koji u njima boravi.

Pasivna kuća nudi ugodnost, komfor i zdravu mikroklimu. U pasivnu kuću isplati se ulagati jer ono što ona pruža tradicionalna kuća ne može, a to je prije svega zdrav život. A zdravlje je najbitniji element u čovjekovu životu. Toga čovjek nije svjestan dok ga ima, tek kad se pojavi bolest čovjek počinje cijeniti zdravlje. Ili prema poznatoj uzrečici – „zdrav čovjek ima tisuću želja, a bolestan samo jednu“.

Danas se u svijetu već gradi mnogo „zdravih“ zgrada. Financijski ulog znatno je veći, ali dobrobit koja proizlazi pozitivna je, dugotrajna i gotovo nemjerljiva. Uz zdrave zgrade vezani su i pozitivni rezultati o zdravstvenom stanju ljudi koji u njima žive, rade ili borave. Budući da je zdravlje prioritet svakog čovjeka, pa tako i društva u cjelini, čimbenik održive gradnje morao bi imati prioritet i u gospodarskim planiranjima svake države. U tom smislu Republika Hrvatska zasad čini male pomake koji nas ispunjavaju

nadom i uvjerenjem da će se u zgradarstvu ipak sve više voditi brige o održivoj zelenoj zdravoj izgradnji.

Budući da načinom gradnje i stanovanja te stvaranjem zdrava okruženja novostvorenim unutarnjim prostorom znatno manje utječemo na zdravlje, održiva gradnja, a posebno pasivna kuća kao optimalan standard niskoenergetske izgradnje, jedini je izbor suvremene izgradnje koji čovjek može željeti za sebe samog i za prirodu koja ga okružuje, a u kojoj su ljudi samo sitne ali bitne čestice postojanja.

LITERATURA

- [1] http://www.odraz.hr/media/21831/odrzivi_razvoj.pdf (14. 5. 2017.)
- [2] http://www.lafarge.rs/wps/portal/rs/rs/6_2_5-Sustainable_construction (14. 5. 2017.)
- [3] http://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=99081 (14. 5. 2017.)
- [4] <http://efikasnost.com/2010/05/18/odrziva-gradnja-2/> (14. 5. 2017.)
- [5] Sabor hrvatskih graditelja (2012). Graditeljstvo – poluga razvoja
- [6] Zbašnik Senegačnik M. (2009). Pasivna kuća. Zagreb, SUN ARH d.o.o.
- [7] https://passreg.eu/index.php?page_id=73 (14. 5. 2017.)
- [8] Eko revija, Ulaganje u razvoj i standard građana, srpanj 2006.
- [9] <https://repozitorij.gfos.hr/islandora/object/gfos%3A34/datastream/PDF/view> (14. 5. 2017.)
- [10] <http://www.pasivna-kuca.info/gradnja/37-gradnja-pasivne-kuce/71-cijena-gradnje-pasivne-kuce.html> (14. 5. 2017.)
- [11] Puntarić Dinko, Miškulin Maja, Bošnjir Jasna i suradnici (2012). Zdravstvena ekologija. Zagreb, Medicinska naklada
- [12] https://loomen.carnet.hr/pluginfile.php/436701/mod_resource/content/1/VELUX%20webinar%20-Healthy%20Home%20Townhouses%20PDF.pdf (8. 9. 2017.)

POPIS SLIKA

Slika 1. Model pasivne kuće	9
Slika 2. Utjecaj Sunčeva zračenja ljeti i zimi.....	11
Slika 3. Orijentacija prostorija	11
Slika 4. Faktor oblika geometrijskih tijela s jednakim volumenom.....	12
Slika 5. Detalji obrade toplinske izolacije oko prozora.....	13
Slika 6. PVC prozor s troslojnim ostakljenjem	14
Slika 7. Gubici toplinske energije	15
Slika 8. Zidna plijesan, posljedica toplinskog mosta	17
Slika 9. Ventilacija u pasivnoj kući	19
Slika 10. Dječji vrtić u Danskoj	28

POPIS TABLICA

Tablica 1. Karakteristične specifične vrijednosti za pasivne kuće	9
Tablica 2. Temperatura rosišta u ovisnosti o relativnoj zračnoj vlažnosti	24